植 物 分 类 学 报 45 (5): 619–626 (2007) doi:10.1360/aps06043
Acta Phytotaxonomica Sinica http://www.plantsystematics.com

中国大戟属13种15个居群的核型报道

薛恒钢 周颂东 何兴金* 余 岩
(四川大学生命科学学院 成都 610064)

Karyotype in fifteen populations belonging to thirteen species of *Euphorbia* (Euphorbiaceae) in China

XUE Heng-Gang ZHOU Song-Dong HE Xing-Jin* YU Yan
(*College of Life Sciences*, *Sichuan University*, Chengdu 610064, China)

Abstract In this paper, karyotypes from fifteen populations in thirteen species of *Euphorbia* (Euphorbiaceae) from China were investigated. The results were as follows: 2*n*=2*x*=22=20m (2SAT)+2sm for *Euphorbia humifusa* (Wangjiang, Sichuan); 2*n*=2*x*=22=18m+4sm for *E. humifusa* (Hongqicun, Beijing); 2*n*=4*x*=40=40m for *E. thymifolia*; 2*n*=4*x*=40=36m+4sm for *E. maculata*; 2*n*=8*x*=56=40m+8sm+8st for *E. marginata*; 2*n*=4*x*=40=32m+8sm for *E. milii*; 2*n*=6*x*=60=6m+36sm+12st+6t for *E. neriifolia*; 2*n*=6*x*=60=24m+24sm+12st for *E. antiquorum*; 2*n*=4*x*=28=24m(3SAT)+4sm for *E. pulcherrima*; 2*n*=4*x*=28=16m+12sm for *E. cyathophora*; 2*n*=4*x*=28=28m for *E. dentata*; 2*n*=2*x*=20=12m+8sm for *E. lathyris*; 2*n*=6*x*=42=36m+6sm for *E. helioscopia*; 2*n*=2*x*=20=14m+6sm for *E. esula* (Chenjiagou, Beijing); 2*n*=4*x*=40=32m+8sm for *E. esula* (Yingtaogou, Beijing). The karyotypes of two species, *E. thymifolia* and *E. maculata*, and the tetraploidy karyotype of *E. esula* were reported for the first time.

Key words *Euphorbia*, Euphorbiaceae, karyotype, polyploidy, cytotaxonomy.

摘要 对国产大戟科Euphorbiaceae大戟属*Euphorbia*的13种15个地方居群的核型进行研究，以期为解决该属的种间亲缘关系和物种进化机制提供依据。结果如下：地锦*E. humifusa* (望江居群), 2*n*=2*x*=22=20m (2SAT)+2sm；地锦*E. humifusa* (红旗村居群), 2*n*=2*x*=22=18m+4sm；千根草*E. thymifolia*, 2*n*=4*x*=40=40m；斑地锦*E. maculata*, 2*n*=4*x*=40=36m+4sm；银边翠*E. marginata*, 2*n*=8*x*=56=40m+ 8sm+8st；铁海棠*E. milii*, 2*n*=4*x*=40=32m+8sm；金刚纂*E. neriifolia*, 2*n*=6*x*=60=6m+36sm+12st+6t；火殃勒*E. antiquorum*, 2*n*=6*x*=60=24m+24sm+12st；一品红*E. pulcherrima*, 2*n*=4*x*=28=24m(3SAT)+4sm；猩猩草*E. cyathophora*, 2*n*=4*x*=28=16m+12sm；齿裂大戟*E. dentata*, 2*n*=4*x*=28=28m；续随子*E. lathyris*, 2*n*=2*x*=20=12m+8sm；泽漆*E. helioscopia*, 2*n*=6*x*=42=36m+6sm；乳浆大戟*E. esula* (陈家沟居群), 2*n*=2*x*=20=14m+6sm；乳浆大戟*E. esula* (樱桃沟居群), 2*n*=4*x*=40=32m+8sm。千根草和斑地锦两个种的核型以及乳浆大戟的四倍体居群核型均为首次报道。

关键词 大戟属；大戟科；核型；多倍体；细胞分类

大戟属*Euphorbia* L.是大戟科Euphorbiaceae中种类最多、分布面积最广的属，全世界约有2000种(Radcliffe-Smith, 2001)。我国约有80种(马金双，吴征镒, 1992；马金双, 1997)以西南的横断山区和西北的干旱地区为多。

2006-03-15 收稿, 2006-11-29 收修改稿。
基金项目：国家自然科学基金(30670146)；科技部自然科技资源平台项目(2005DKA21403) (Supported by the National Natural Science Foundation of China, Grant No. 30670146, and National Infrastructure of Natural Resources for Science and Technology, Grant No. 2005DKA21403)。
* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: xingjinhe@yahoo.com.cn)。

1754年，在Linnaeus (1753)建立大戟属后仅仅一年，一些植物学家就提出本属应该分成几个小属(Miller, 1754; Trew, 1754)。从那时起争论一直没有停止，直到250年后的今天，对大戟属是否应该分割仍没有定论(Steinmann & Porter, 2002)。Carter (1985)提出大戟属应限制在大戟亚属范围内，即仅包括旧世界肉质多浆类群；而Steinmann和Porter根据分子系统学的结果提出大戟属的范围不但不应该缩小，而且应该扩大到整个大戟亚族的范围。缺乏一个被普遍接受的系统对大戟属以至大戟科的很多研究工作增加了障碍。

染色体研究可以为植物进化和系统发育研究提供有价值的信息(Stebbins, 1971; 洪德元, 1990)。通过核型探讨大戟属不同类群间的关系是分类学的重要手段之一。这方面的工作始于20世纪40年代(Perry, 1943)。截至目前，大戟属已有近300种植物(Goldblatt & Johnson, 2001)具有染色体数目报道，而国内仅王彦红等(1999)和葛传吉等(1989)对国产8种大戟属植物进行了核型报道。本文对国产大戟属13种15个居群的核型进行了研究，其中千根草*E. thymifolia* L.和斑地锦*E. maculata* L.为首次染色体记数和核型报道。银边翠*E. marginata* Pursh.、铁海棠*E. milii* Ch. des Moulins、金刚纂*E. neriifolia* L.、火殃勒*E. antiquorum* L.、一品红*E. pulcherrima* Willd. ex Klotzsch和乳浆大戟*E. esula* L.二倍体居群的核型为国内首次报道。王彦红等(1999)报道了乳浆大戟四倍体染色体数目，本文首次分析了该种四倍体核型。

1 材料和方法

材料均采自野外，材料的原产地见表1。凭证标本保存于四川大学生命科学学院植物标本馆(SZ)。细胞玻片凭证标本保存于四川大学生命科学学院植物分类室。

从野外采回活植株栽培于沙箱中，待幼根长至1 cm左右，切取根尖，用0.002 mol/L 8-羟基喹啉水溶液预处理4–5 h，乙醇∶冰乙酸(3∶1)固定后，经盐酸解离，改良石炭酸品红染色，常规压片。首次报道染色体数目的物种，在计数染色体数目时，统计来自于不同个体的细胞50个，统计结果大于85%的某一基数为该物种的染色体数目，镜检中对染色体分散好且着丝粒清晰的细胞拍照并进行染色体测量。核型分析按Levan等(1964)的方法，分析时取5个染色体分散良好的细胞进行测量，取平均值。核型类型按照Stebbins (1971)的标准。核型不对称系数(As.K%)计算公式为：长臂总长/全组染色体总长×100。

2 结果

大戟属13种15个居群的染色体参数和核型特征见表1；核型图见图1–3。

15个居群中均以中部着丝点染色体作为其核型的主要组成部分，每个居群中具有数量不等的近中部着丝点染色体，银边翠、火殃勒和金刚纂具有数目不等的近端部着丝点染色体。端部着丝粒只存在于金刚纂中。3个居群有随体染色体出现。从核型类型来看，乳浆大戟陈家沟居群属于1A型，齿裂大戟和乳浆大戟樱桃沟居群属于1B型，地锦、猩猩草、续随子属于2A型，除金刚纂属于3B型外，千根草、斑地锦、银边翠、铁海棠、火殃勒、一品红、泽漆均属于2B型。核型差异主要表现在染色体绝对长度(图1–3)、不对称系数(表1)等性状上。

表1　大戟属13种15个居群的材料来源及核型

Table 1　Source of materials and karyotypes in fifteen populations of thirteen species in *Euphorbia*

分类群 Taxon	产地 Locality	核型公式 Karyotype formula	核型类型 Type	不对称系数 As.K%	凭证标本 Voucher	图号 Figure
地锦 *E. humifusa* Willd. ex Schlecht.	四川成都望江 Wangjiang, Chendu, Sichuan	$2n=2x=22$=20m (2SAT)+2sm	2A	58.52	薛恒钢(H. G. Xue) 031016	1: C, c
	北京市海淀区红旗村 Hongqicun, Haidian, Beijing	$2n=2x=22$=18m +4sm	2A	59.18	薛恒钢(H. G. Xue) 031010	1: D, d
千根草 *E. thymifolia* L.	北京市丰台区莲花池 Lianhuachi, Fengtai, Beijing	$2n=4x=40$=40m	2B	56.27	薛恒钢, 李增新 (H. G. Xue & Z. X. Li) 051010	3: D, d
斑地锦 *E. maculata* L.	北京市丰台区莲花池 Lianhuachi, Fengtai, Beijing	$2n=4x=40$=36m +4sm	2B	56.31	薛恒钢, 李增新 (H. G. Xue & Z. X. Li) 041010	3: E, e
银边翠 *E. marginata* Pursh.	中国科学院植物研究所北京植物园 Beijing Botanical Garden, Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences (IBCAS)	$2n=8x=56$=40m +8sm+8st	2B	60.57	薛恒钢(H. G. Xue) 061010	1: E, e
铁海棠 *E. milii* Ch. des Moulins	中国科学院植物研究所北京植物园 Beijing Botanical Garden, IBCAS	$2n=4x=40$=32m +8sm	2B	60.13	薛恒钢(H. G. Xue) 110918	3: A, a
金刚纂 *E. neriifolia* L.	中国科学院植物研究所北京植物园 Beijing Botanical Garden, IBCAS	$2n=6x=60$=6m+ 36sm+12st+6t	3B	74.39	薛恒钢(H. G. Xue) 091015	1: A, a
火殃勒 *E. antiquorum* L.	中国科学院植物研究所北京植物园 Beijing Botanical Garden, IBCAS	$2n=6x=60$=24m +24sm+12st	2B	65.84	薛恒钢(H. G. Xue) 101015	2: A, a
一品红 *E. pulcherrima* Willd. ex Klotzsch	中国科学院植物研究所北京植物园 Beijing Botanical Garden, IBCAS	$2n=4x=28$=24m (3SAT)+4sm	2B	59.31	薛恒钢(H. G. Xue) 120918	3: B, b
猩猩草 *E. cyathophora* Murr.	四川省米易县 Miyi, Sichuan	$2n=4x=28$=16m +12sm	2A	60.73	薛恒钢, 余岩 (H. G. Xue & Y. Yu) 130829	3: C, c
齿裂大戟 *E. dentata* Michx.	中国科学院植物研究所北京植物园 Beijing Botanical Garden, IBCAS	$2n=4x=28$=28m	1B	55.91	薛恒钢(H. G. Xue) 141010	1: B, b
续随子 *E. lathyris* L.	四川峨眉山 Mt. Emeishan, Sichuan	$2n=2x=20$=12m +8sm	2A	63.12	薛恒钢(H. G. Xue) 151126	3: F, f
泽漆 *E. helioscopia* L.	四川南充 Nanchong, Sichuan	$2n=6x=42$=36m +6sm	2B	56.17	薛恒钢, 冯图 (H. G. Xue & T. Feng) 161222	2: D. d
乳浆大戟 *E. esula* L.	北京市海淀区陈家沟 Chenjiagou, Haidian, Beijing	$2n=2x=20$=14m +6sm	1A	55.49	薛恒钢, 谢磊 (H. G. Xue & L. Xie) 181010	2: C, c
	北京市海淀区樱桃沟 Yingtaogou, Haidian, Beijing	$2n=4x=40$=32m +8sm	1B	55.96	薛恒钢(H. G. Xue) 181012	2: B, b

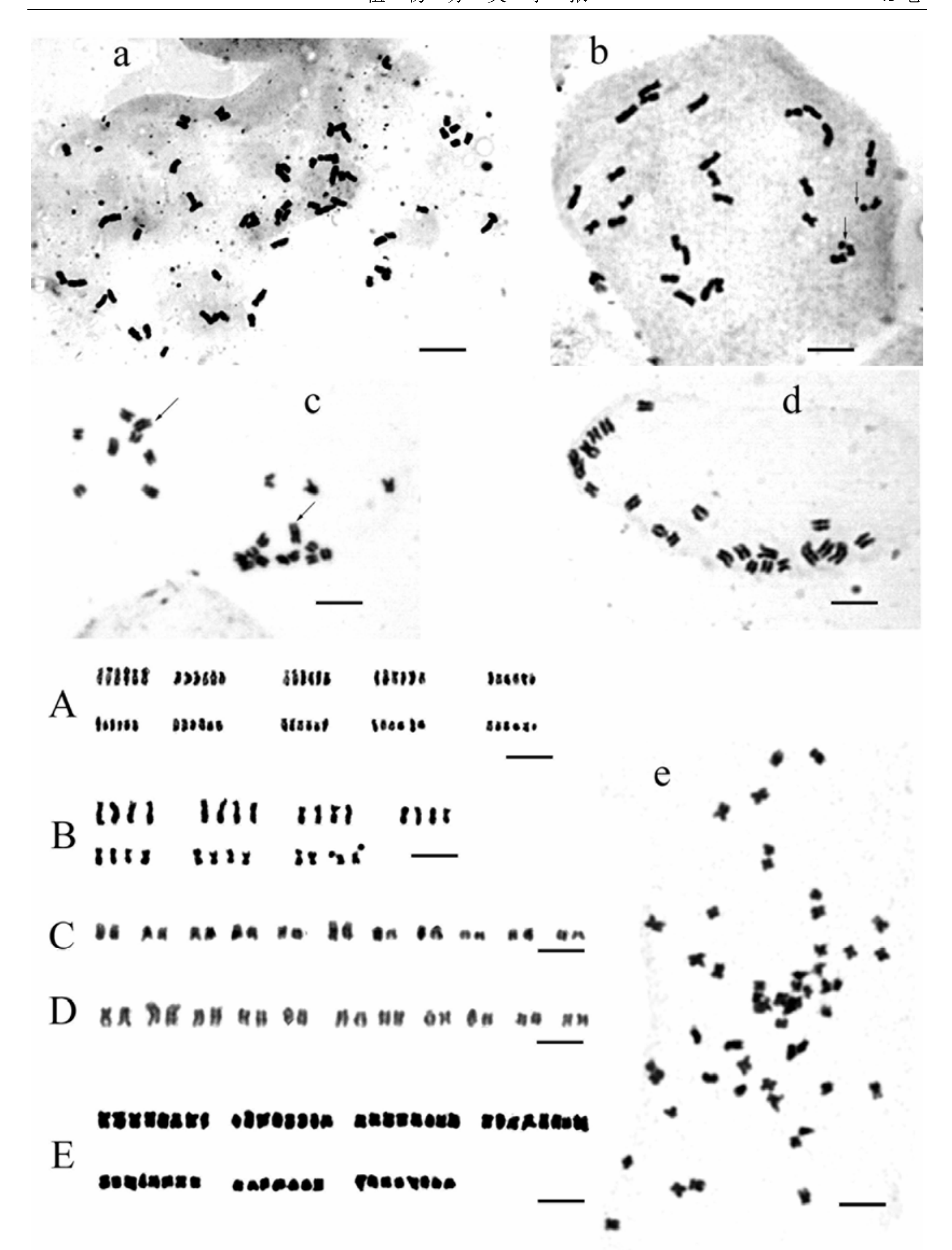


图1 大戟属核型图(箭示随体染色体) **A, a.** 金刚纂。**B, b.** 齿裂大戟。**C, c.** 地锦(望江居群)。**D, d.** 地锦(红旗村居群)。**E, e.** 银边翠。

Fig. 1. Karyograms of *Euphorbia* (arrows indicate satellite chromosomes). **A, a,** *Euphorbia neriifolia*. **B, b,** *E. dentata*. **C, c,** *E. humifusa* (Wangjiang, Sichuan). **D, d,** *E. humifusa* (Hongqicun, Beijing). **E, e,** *E. marginata*.
Scale bars=5 μm.

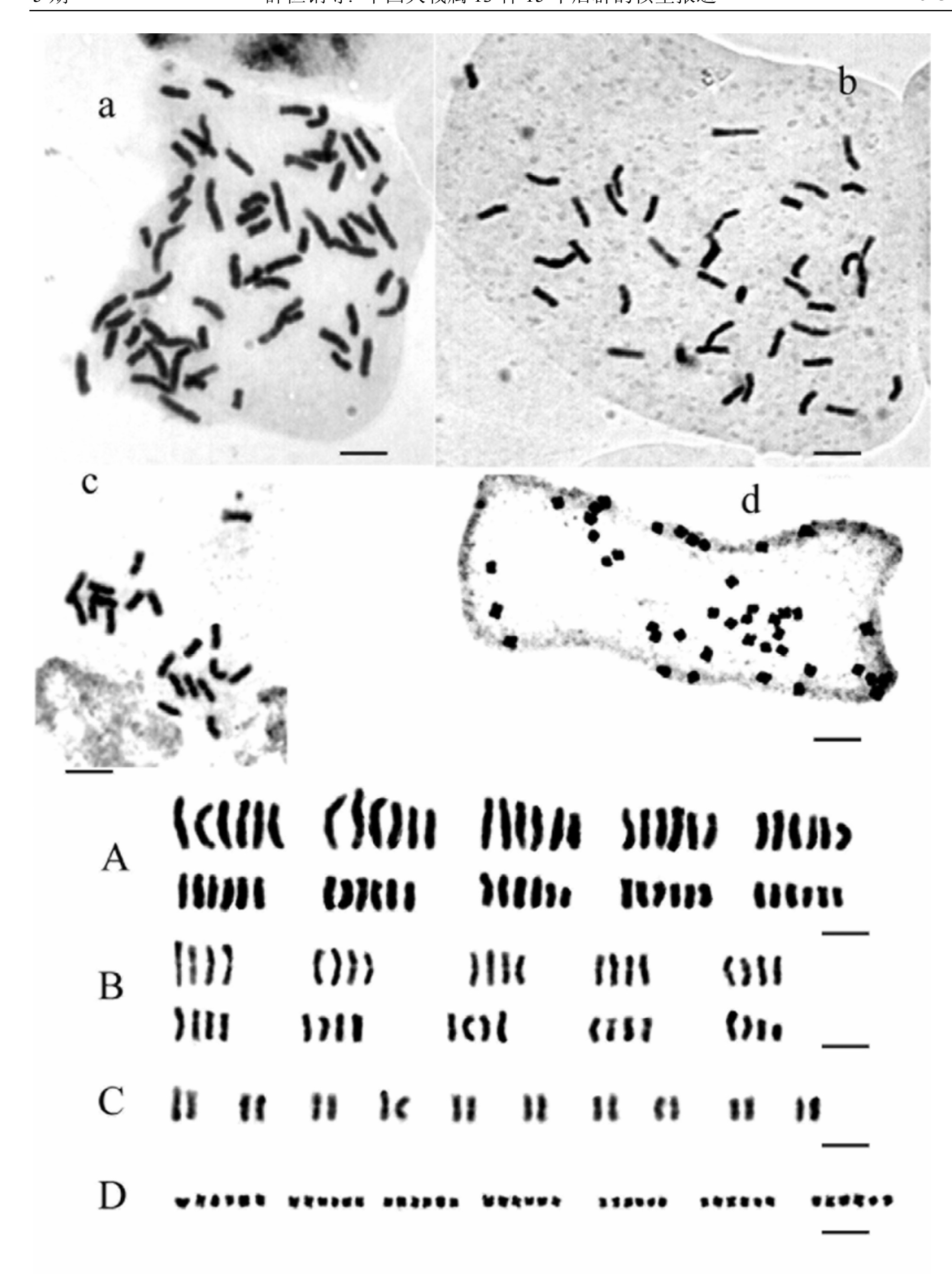


图2 大戟属核型图 **A, a.** 火殃勒。**B, b.** 乳浆大戟(樱桃沟居群)。**C, c.** 乳浆大戟(陈家沟居群)。**D, d.** 泽漆。

Fig. 2. Karyograms of *Euphorbia*. **A, a,** *Euphorbia antiquorum*. **B, b,** *E. esula* (Yingtaogou, Beijing). **C, c,** *E. esula* (Chenjiagou, Beijing). **D, d,** *E. helioscopia*.
Scale bars=5 μm.

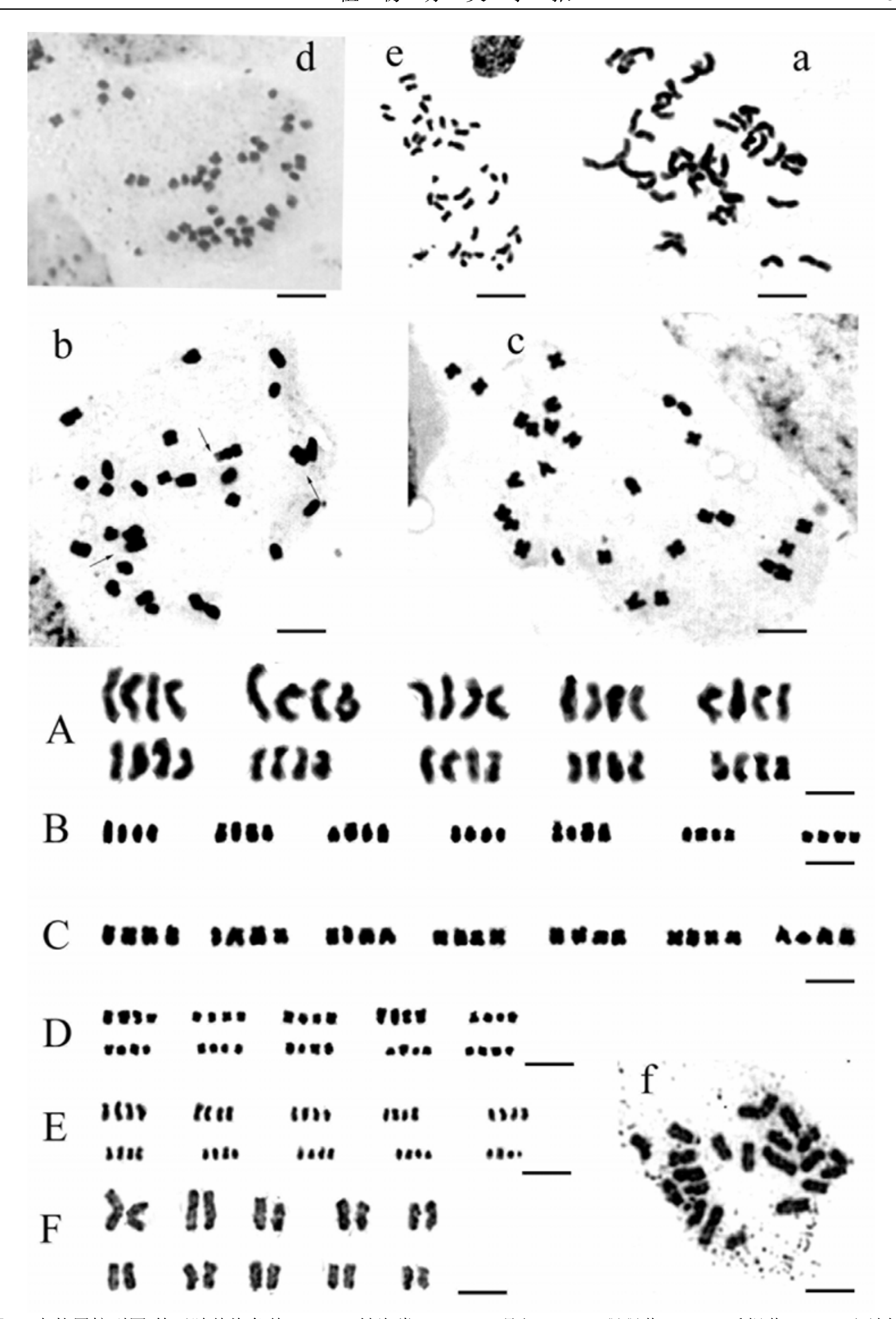


图3 大戟属核型图(箭示随体染色体) **A, a.** 铁海棠。**B, b.** 一品红。**C, c.** 猩猩草。**D, d.** 千根草。**E, e.** 斑地锦。**F, f.** 续随子。

Fig. 3. Karyograms of *Euphorbia* (arrows indicate satellite chromosomes). **A, a,** *Euphorbia milii*. **B, b,** *E. pulcherrima*. **C, c,** *E. cyathophora*. **D, d,** *E. thymifolia*. **E, e,** *E. maculata*. **F, f,** *E. lathyris*.
Scale bars=5 μm.

3 讨论

3.1 染色体基数的分类学意义

前人(Perry, 1943; Hans, 1973; Webster, 1994; 王彦红等, 1999)报道大戟属为多染色体基数类群(polybasic chromosome number group), 具有x = 6、7、8、9、10、11等染色体基数, 并提出异基数性变异是大戟属物种形成和演化的主要方式之一。本研究中大戟属的染色体基数分别为x=7、10、11, 支持这一观点。

Steinmann和Porter (2002)对大戟属的分子系统学研究发现, 根据杯状花序的形态从大戟属分出的*Pedilanthus* Neck. ex Poit.、*Cubanthus* (Boiss.) Millsp.、*Monadenium* Pax、*Synadenium* Boiss.、*Endadenium* Leach等小属并不组成关系明确的分支, 而是嵌套在大戟属中, 共同形成一个单系。由此Steinmann和Porter (2002)提出过去分类中杯状花序的形态被赋予了太高的分类学权重, 对于其他性状变异的分类学意义重视不够。王彦红等(1999)指出大戟属不同亚属的染色体基数与其形态变异的复杂性有一定关系。Hans (1973)在大戟属染色体基数问题的分析过程中提出大戟属可能是一多系类群, 而Steinmann和Porter (2002)对大戟属的分子系统学研究证实了这一点。这提示我们在修订大戟属的系统时, 杯状花序之外的性状和染色体资料的分类学意义也应该重视。

本属在世界范围内一共有近300种植物有计数(Goldblatt & Johnson, 2001), 仅占全部种数的15%, 并且多集中于北半球温带, 因此, 还有待进一步的细胞学研究才能确认其染色体原始基数和进化问题。

3.2 染色体形态的进化意义

本研究的13种大戟属植物的核型存在明显差异, 主要表现在染色体臂比、不对称系数, 种内不同居群间随体染色体上衔接随体的有无, 倍性变化等。这与各个种的进化与地理分布有关。

从染色体形态方面看, 地锦的两个居群的第3、6和第8号存在差异。Tzanoudakis (1983)认为, 染色体结构变异的原因与广布和生境多样性有关。地锦广布于欧亚大陆温带, 我们收集的2个居群来自我国华北和西南。这样大的地域, 无疑在气候条件、土壤性质等等诸多环境因素方面存在很大的差异。差异这样明显的生境必定有利于诱发地锦染色体发生不同的结构变异。

金刚纂和火殃勒的核型不对称系数均超过65%, 其染色体存在亚端部着丝粒(st)和端部着丝粒(t), 在金刚纂中甚至达到了18条, 这说明其具有更不对称的核型。根据Stebbins (1971)的基因连锁群假说(linked gene cluster hypothesis), 在向不对称性进化过程中变长了的染色体臂, 包含具适应意义的连锁基因群。如果染色体组分中出现了有利突变, 可以预料自然选择会保留那些把有利的突变基因转到连锁基因群上的易位和倒位。这样, 起初带有基因数目不多的适应性连锁基因群的染色体臂会由于基因增加而变长。由此通过基因的调节作用, 适应性进一步提高。另一方面, 缺乏这类适应性基因群的染色体臂会由于某些基因的离去而变短(洪德元, 1990)。金刚纂、火殃勒等主产亚洲和非洲荒漠(吴征镒等, 2003)的很多种是多年生肉质仙人掌状多汁灌木, 受到不利环境的选择压力。我们推

测不对称性核型会增加它们适应性连锁基因群，对它们适应干旱、贫瘠环境能力的提高有帮助。王彦红等(1999)报道了国内乳浆大戟一个居群的染色体计数(2*n*=40)，我们在同一地区采集到乳浆大戟二倍体(2*n*=20)与四倍体(2*n*=40)居群。这说明其现在仍然处于强烈的分化过程中(Stebbins, 1971)。其进化机制可能是通过染色体加倍实现的。对于深层次的进化问题，值得我们进一步研究。

致谢 感谢中国科学院植物研究所路安民研究员的指导，华南农业大学李秉涛教授借阅资料以及四川大学生命科学学院许介眉教授的指导，李振宇研究员、李增新先生、高天刚博士和谢磊博士在作者去北京采集标本时的无私帮助。同时感谢Emily H. King女士修改英语。

参 考 文 献

Carter S. 1985. New species and taxonomic changes in *Euphorbia* from east and northeast tropical Africa and a new species from Oman. Kew Bulletin 40: 809–825.

Ge C-J (葛传吉), Li Y-K (李岩坤), Xu B-S (徐炳声). 1989. Observations on the chromosome numbers of medicinal plants of Shandong. Chinese Traditional and Herbal Drugs (中草药) 20 (6): 34–35.

Goldblatt P, Johnson D E. 2001. Index to Plant Chromosome Numbers 1998–1999. St. Louis: Missouri Botanical Garden.

Hans A S. 1973. Chromosomal conspectus of the Euphorbiaceae. Taxon 22: 591–636.

Hong D-Y (洪德元). 1990. Plant Cytotaxonomy (植物细胞分类学). Beijing: Science Press.

Levan A, Fredga K, Sandberg A A. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. Hereditas 52: 201–220.

Linnaeus C. 1753. Species Plantarum. Stockholm. 1.

Ma J-S (马金双). 1997. *Euphorbia* L. In: Flora Reipublicae Popularis Sinicae (中国植物志). Beijing: Science Press. 44: 26–128.

Ma J-S (马金双), Wu Z-Y (吴征镒). 1992. New materials for Chinese *Euphorbia*. Acta Botanica Yunnanica (云南植物研究) 14: 362–372.

Miller P. 1754. The Gardeners Dictionary. London: Miller (self published). 1582–1583.

Perry B A. 1943. Chromosome number and phylogenetic relationships in the Euphorbiaceae. American Journal of Botany 30: 527–543.

Radcliffe-Smith A. 2001. Genera Euphorbiacearum. Royal Botanic Gardens, Kew. 405–415.

Stebbins G L. 1971. Chromosomal Evolution in Higher Plants. London: Edward Arnold Press. 87–89.

Steinmann V W, Porter J M. 2002. Phylogenetic relationships in Euphorbieae (Euphorbiaceae) based on ITS and *ndh*F sequence data. Annals of the Missouri Botanical Garden 89: 453–490.

Trew C J. 1754. Herbarium Blackwellianum. Nurenburg: Blackwell. 1: 34–71.

Tzanoudakis D. 1983. Karyotypes of ten taxa of *Allium* section *Scorodon* from Greece. Caryologia 36: 259–284.

Wang Y-H (王彦红), Ma J-S (马金双), Liu Q-R (刘全儒). 1999. Karyotypes of eight species of *Euphorbia* L. (Euphorbiaceae) from China. Acta Phytotaxonomica Sinica (植物分类学报) 37: 394–402.

Webster G L. 1994. Classification of the Euphorbiaceae. Annals of the Missouri Botanical Garden 81: 3–32.

Wu Z-Y (吴征镒), Lu A-M (路安民), Tang Y-C (汤彦承), Chen Z-D (陈之端), Li D-Z (李德铢). 2003. The Families and Genera of Angiosperms in China, a Comprehensive Analysis (中国被子植物科属综论). Beijing: Science Press. 577–588.